

Japanese Patent Laid-open Publication No. HEI 8-278224 A

Publication date : October 22, 1996

Applicant : Nihon Denki K. K.

TITLE : METHOD OF MEASURING CHARACTERISTICS OF LIGHT
5 INTENSITY MODULATOR AND METHOD OF CONTROLLING THE SAME

(57) [Abstract]

[Object] The object of the present invention is to provide
a method of measuring characteristics of a light intensity
10 modulator capable of measuring parameters of the light
intensity modulator in high precision in a simple structure
at low cost, and to provide a method of controlling a light
intensity modulator capable of controlling characteristics
of the light intensity modulator without substantially
15 giving influence to signal waveforms and transmission
characteristics after the modulation.

[Construction] First light emitting means 1 emits a first
light of which light intensity has been modulated by a
measured-light intensity modulator 8 that is applied with
20 a sinusoidal wave electric signal having a constant frequency
of which phase has been modulated by a control signal. Mixing
means 3 mixes the first light with a second light from second
light emitting means 2 having different wavelengths from
each other, and applies the mixed light to a photodetector
25 4. Control means 5 generates a signal having a signal level

Best Available Copy

varied to a minimum for a predetermined odd-order side band frequency signal near a frequency corresponding to a wavelength difference between the first and second lights in an output electric signal of the photodetector 4, and
5 controls a light phase modulator 7.

[Claim 6] A method of controlling a light intensity modulator for controlling a phase modulation component generated when a Mach-Zehnder light intensity modulator
10 modulates light intensity, the light intensity modulator comprising:

first light emitting means for generating a first light of which phase has been modulated by a sinusoidal wave electric signal of a constant frequency, and emitting the first light
15 to the light intensity modulator;

second light emitting means for emitting a second light of which wavelength is different from that of the first light;

mixing means for mixing the second light with the first light that has been emitted after the light intensity has
20 been modulated by the light intensity modulator according to first and second control signals input to first and second arms of the light intensity modulator;

a photodetector for photoelectrically converting a light obtained by mixing the lights by the mixing means;
25 and

control signal generating means for varying an amplitude rate of the first and second control signals so that a signal level becomes minimum for a predetermined odd-order side band frequency signal near a frequency
5 corresponding to a wavelength difference between the first and second lights in an output electric signal of the photodetector, based on the sinusoidal wave electric signal, the output electric signal from the photodetector, and a data signal, and for outputting the signals to the first
10 and second arms.

[Claim 8] A method of controlling a light intensity modulator for controlling a phase modulation component generated when a Mach-Zehnder light intensity modulator
15 modulates light intensity, the light intensity modulator comprising:

first light emitting means for emitting a first light;
second light emitting means for emitting a second light of which wavelength is different from that of the first light;
20 third light emitting means for emitting a third light of which phase has been modulated by a sinusoidal wave electric signal of a constant frequency, and of which wavelength is different from those of the first and second lights;
a wavelength multiplex element for wavelength
25 multiplexing the first and third lights, and emitting these

lights to the light intensity modulator;

a wavelength dividing element for dividing the third light from a wavelength multiplexed light that has been emitted after the light intensity has been modulated by the light intensity modulator according to first and second control signals input to first and second arms of the light intensity modulator;

mixing means for mixing the second light with the third light that has been divided by the wavelength dividing element;

a photodetector for photoelectrically converting a light obtained by mixing the lights by the mixing means; and

control signal generating means for varying an amplitude rate of the first and second control signals so that a signal level becomes minimum for a predetermined odd-order side band frequency signal near a frequency corresponding to a wavelength difference between the second and third lights in an output electric signal of the photodetector, based on the sinusoidal wave electric signal, the output electric signal from the photodetector, and a data signal, and for outputting the signals to the first and second arms.

[0002]

[Prior Art] Conventionally, Mach-Zehnder optical modulator has been used for modulating the intensity of a light in a transmitter of a high-speed optical fiber digital communication system. This Mach-Zehnder light intensity
5 modulator has a waveguide formed on an electric optical crystal substrate, the waveguide for introducing a light incident from one end, branching the incident light into two in the middle, then combining the lights into one again, and emitting the light from the other end. This Mach-Zehnder
10 light intensity modulator also has a signal electrode provided on each of the waveguide branched into two. When signal voltages are applied to these two signal electrodes, an optical signal of which light intensity has been modulated is obtained from the other end of the waveguide.

15 [0003] According to this Mach-Zehnder light intensity modulator, not only the light intensity but also the phase is modulated, depending on an amplitude rate of voltages applied to the two waveguides. This is called a chirping. A size of the chirping is expressed by an α parameter given
20 by the following expression.

[0013] Further, according to the Mach-Zehnder light intensity modulator, there is a possibility that the applied electric field distribution changes within the light
25 intensity modulator based on a change of a material of the

light intensity modulator due to the lapse of time. Therefore, even when the voltage applied from the outside is held at a constant level, the value of the α parameter deviates from an initial value, so that it is not possible to obtain a desired chirping. As a result, according to a measured value obtained by the conventional measuring method, it is difficult to control the chirping of a light transmitted by the high-speed optical fiber digital communication system that is operated for a long time.

10

[0015] Further, it is another object of the present invention to provide a method of controlling a light intensity modulator capable of controlling the characteristics of the light intensity modulator without substantially giving an influence to signal waveforms and transmission characteristics after a modulation.

[0021]

[Operation] First, the operation of a method of measuring characteristics of a light intensity modulator of the present invention will be explained with reference to Fig. 1. As shown in Fig. 1, the measuring method of the present invention is for measuring characteristics of a measured-light intensity modulator 8 within first light emitting means 1, based on a structure consisting of the first light emitting

means 1, second light emitting means 2, mixing means 3, a photodetector 4, and control signal generating means 5. In this case, the first light emitting means 1 consists of a light source 6, an optical phase modulator 7, and the measured-light intensity modulator 8, for example. However, it is also possible to have other structures than this, as described later.

[0022] A light (amplitude E_0 , frequency f , and phase ϕ) from the light source 6 is incident to the optical phase modulator 7. The phase of this light is modulated according to a control signal from the control signal generating means 5, and a result is emitted. In this case, the control signal generating means 5 generates a control signal of a frequency f_m based on a predetermined side band frequency signal in a photodetected electric signal from the photodetector, and a sinusoidal wave electric signal of the constant frequency f_m from the signal source 9. From the above, an electric field E of an output light from the optical phase modulator 7 is given by the following expression.

20

[0029] On the other hand, the first light shown by the expression (4) of which phase modulation component has not been canceled is mixed with the second light in a similar manner to the above. Thereafter, the mixed light is observed with a spectrum analyzer 10 through a photodetector 4. Then,

an odd-order side band wave attributable to a low-phase modulation component is also observed. According to the measuring method of the present invention, the $V_{pp}(P)$ of the control signal supplied to the optical phase modulator 7 is controlled so that the intensity of a predetermined side band wave (usually, a primary side band wave 102 having a highest level) out of odd-order side band waves in an output electric signal of the photodetector 4 becomes zero. Then, the α parameter of the light intensity modulator 8 is obtained using the following expression, based on the $V_{pp}(P)$ obtained from the control signal generating means 5 and $V_{pp}(I)$ of the sinusoidal wave electric signal.

[0030]

[Expression 7]

$$\alpha = \frac{1-r}{1+r} = \text{sign} \cdot \frac{V_{pp}(P)}{V_{pp}(I)} \cdot \frac{2V_s(I)}{V_s(P)} \quad (7)$$

Next, the operation of a method of controlling a light intensity modulator of the present invention will be explained with reference to Fig. 2. As shown in Fig. 2, the control method of the present invention is for controlling the characteristics (the α parameter) of the Mach-Zehnder light intensity modulator at a constant level, based on a

structure consisting of first light emitting means 11, second light emitting means 12, mixing means 13, a photodetector 14, and control signal generating means 15. In this case, the first light emitting means 11 consists of a light source 21, and an optical phase modulator 22, and the control signal generating means 15 consists of an adder 23, and a control unit 24, for example. However, it is also possible to have other structures than these, as described later.

[0031] Further, it is also possible to provide third light emitting means for emitting a third light, a wavelength multiplexing element for wavelength multiplexing the third light with the first light, and making the multiplexed light incident to the light intensity modulator, and a wavelength dividing element for dividing the third light from the light from the light intensity modulator, making the third light incident to the mixing means so that the mixing means mixes the third light with the second light.

[0032] A light (amplitude E_0 , frequency f , and phase ϕ) from the light source 21 is incident to the optical phase modulator 22. The phase of this light is modulated by a sinusoidal wave electric signal having the frequency f_m and the amplitude V_{pp} (I) from the signal source 18, and a result is emitted as a light of the electric field E given by the expression (3). An output light of the optical phase modulator 22 is incident to the light intensity modulator

16, and the light intensity of this light is modulated by control signals from the control signal generating means 15.

[0033] In this case, the light intensity modulator 16 is the Mach-Zehnder light intensity modulator. As described above, the Mach-Zehnder light intensity modulator has a waveguide formed on an electric optical crystal substrate, the waveguide for introducing a light incident from one end, branching the incident light into two in the middle, then combining the lights into one again, and emitting the light from the other end. Portions 16a and 16b in Fig. 2 indicate the waveguide branched into two parts (arms).

[0034] The above control signals are first and second signals generated by the control unit 24 after the control unit has been applied with a signal obtained by the addition of a sinusoidal wave electric signal and a data signal from the signal sources 18 and 19 respectively by the adder 23, and with an output signal of the photodetector 14. Of these control signals, a voltage of a control signal applied to the first arm 16a of the light intensity modulator 16 is expressed as V_1 , and a voltage of a control signal applied to the second arm 16b is expressed as V_2 . Then, these are obtained from the following expressions.

[0035]

[Expression 8]

$$\begin{aligned}
 V_1 &= V_s(I) - \frac{1}{1+r} \left(V_s(I) \cdot x(t) + V_{sp}(I) \cos 2\pi f_m t \right) \\
 V_2 &= \frac{r}{1+r} \left(V_s(I) \cdot x(t) + V_{sp}(I) \cos 2\pi f_m t \right) \\
 V_{sp}(I) &= \text{sign} \cdot \frac{2V_s(I)}{V_s(P)} \cdot \frac{V_{sp}(P)}{\alpha}
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} V_1 \\ V_2 \\ V_{sp}(I) \end{aligned}} \right\} \quad (8)$$

In the expressions (7), $x(t)$ is a normalized function that expresses a waveform of the data signal, and this takes a value of 0 to 1. Further, a desired value is substituted into α . An electric field E_{out} of the output light from the light intensity modulator 16 that has been modulated by the control signals V_1 and V_2 is given by the following expression.

[0036]

[Expression 9]

$$\begin{aligned}
 E_{out} &= E_0 \cos \left\{ \frac{\pi}{2} (1 - x(t)) + \frac{\pi}{4} \frac{V_{sp}(I)}{V_s(I)} \cos 2\pi f_m t \right\} \times \\
 &\cos \left\{ 2\pi f t + \frac{\pi}{2} \left(1 + \frac{r-1}{1+r} x(t) \right) + \left\{ \frac{V_{sp}(P)}{2V_s(P)} + \text{sign} \frac{1-rV_{sp}(I)}{1+r4V_s(I)} \right\} \pi \cos 2\pi f_m t + \phi \right\} \quad (9) \\
 \text{ここで、} &\frac{V_{sp}(P)}{2V_s(P)} + \text{sign} \frac{1-rV_{sp}(I)}{1+r4V_s(I)} = 0
 \end{aligned}$$

In this case, r is adjusted to have the following relationship. Then, the f_m component within the phase-modulated component in the expression (8) is cancelled, and the following expression is obtained.

[0037]

[Expression 10]

$$E_{out} = E_0 \cos \left\{ \frac{\pi}{2} (1 - x(t)) + \frac{\pi}{4} \frac{V_{os}(I)}{V_r(I)} \cos 2\pi f_m t \right\} \times \cos \left[2\pi f t + \frac{\pi}{2} \left\{ 1 + \frac{r-1}{1+r} x(t) \right\} + \phi \right] \quad (10)$$

5 The first light expressed in the expression (9) is branched into two by the light branching element 17. One of the branched lights is mixed with the second light from the second light emitting means 12 having a wavelength different from the wavelength of the first light, by the mixing means 13.

10 Thereafter, the mixed light is photoelectrically converted into a heterodyne-detected electric signal by the photodetector 14. The spectrum of this electric signal is observed with the spectrum analyzer 20. Then, only the even-order side band wave of the modulation frequency f_m

15 appears around the intermediate frequency 201 that corresponds to the wavelength difference between the first light and the second light.

[0038] On the other hand, the first light shown by the expression (8) of which phase modulation component has not

20 been canceled is mixed with the second light by the mixing means 13 in a similar manner to the above. Thereafter, the mixed light is observed with a spectrum analyzer 20 through a photodetector 14. Then, an odd-order side band wave attributable to a modulation component is also observed.

25 According to the control method of the present invention,

the amplitude rate r of the control signals V_1 and V_2 is adjusted with the control unit 24 so that the intensity of a predetermined side band wave (usually, a primary side band wave 202 having a highest level) out of odd-order side band waves in an output electric signal of the photodetector 14 becomes zero. Thus, the α parameter is controlled to be maintained at a constant level.

【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも被測定光強度変調器を有し、制御信号で位相が変調され、かつ、一定周波数の正弦波電気信号が印加される被測定光強度変調器により光強度が変調された第1の光を発光する第1の発光手段と、該第1の光とは波長の異なる第2の光を出射する第2の発光手段と、

前記第1の光と第2の光とをそれぞれ混合する混合手段と、

該混合手段により混合された光を光電変換する光検出器と、

前記正弦波電気信号と該光検出器の出力電気信号とに基づいて、該光検出器の出力電気信号中の前記第1及び第2の光の波長差に相当する周波数の近傍の所定の奇数次側帯波周波数信号のレベルが最小となるようにレベルを可変した信号を発生して前記制御信号として出力する制御信号発生手段とを含み、前記正弦波電気信号及び制御信号に基づいて前記被測定光強度変調器の特性を測定することを特徴とする光強度変調器の特性測定方法。

【請求項2】 前記第1の発光手段は、光源と、該光源からの光を前記制御信号で位相変調する光位相変調器と、該光位相変調器より入射された光の強度を前記正弦波電気信号で変調して前記第1の光として出射するマッハツェンダ型の前記被測定光強度変調器とよりなることを特徴とする請求項1記載の光強度変調器の特性測定方法。

【請求項3】 前記第1の発光手段は、光源と、該光源からの光の強度を前記正弦波電気信号で変調するマッハツェンダ型の前記被測定光強度変調器と、該被測定光強度変調器より入射された光を前記制御信号で位相変調して前記第1の光として出射する光位相変調器とよりなることを特徴とする請求項1記載の光強度変調器の特性測定方法。

【請求項4】 前記第1の発光手段は、光源と、該光源を駆動する駆動信号に前記制御信号を重畳して該光源を駆動する加算回路と、該光源より入射された光の強度を前記正弦波電気信号で変調して前記第1の光として出射するマッハツェンダ型の前記被測定光強度変調器とよりなることを特徴とする請求項1記載の光強度変調器の特性測定方法。

【請求項5】 前記光検出器の出力電気信号中の前記第1及び第2の光の波長差に相当する周波数成分が最大となるように、前記第2の光の偏光面を制御して前記混合手段へ出射させる偏光制御器を有することを特徴とする請求項1乃至4のうちのいずれか一項記載の光強度変調器の制御方法。

√【請求項6】 マッハツェンダ型光強度変調器による光強度変調の際に生じる位相変調分を制御する光強度変調器の制御方法において、

一定周波数の正弦波電気信号で位相が変調された第1の

光を発生して前記光強度変調器へ出射する第1の発光手段と、

該第1の光とは波長の異なる第2の光を出射する第2の発光手段と、

前記光強度変調器の第1及び第2のアームに入力される第1及び第2の制御信号に応じて該光強度変調器から光の強度が変調されて出射された前記第1の光を前記第2の光と混合する混合手段と、

該混合手段により混合された光を光電変換する光検出器と、

前記正弦波電気信号と該光検出器の出力電気信号とデータ信号とに基づいて、該光検出器の出力電気信号中の前記第1及び第2の光の波長差に相当する周波数の近傍の所定の奇数次側帯波周波数信号のレベルが最小となるように前記第1及び第2の制御信号の振幅比を可変して前記第1及び第2のアームへ出力する制御信号発生手段を含むことを特徴とする光強度変調器の制御方法。

【請求項7】 前記第1の発光手段に代えて、前記光強度変調器へ所定波長の光を入射する光源と、該光強度変調器から出射された光の位相を前記正弦波電気信号で変調して前記第1の光として前記混合手段へ出射する光位相変調器とを設けたことを特徴とする請求項6記載の光強度変調器の制御方法。

√【請求項8】 マッハツェンダ型光強度変調器による光強度変調の際に生じる位相変調分を制御する光強度変調器の制御方法において、

第1の光を出射する第1の発光手段と、

該第1の光とは波長の異なる第2の光を出射する第2の発光手段と、

一定周波数の正弦波電気信号で位相が変調された、前記第1及び第2の光とそれぞれ波長の異なる第3の光を出射する第3の発光手段と、

該第1及び第3の光をそれぞれ波長多重して前記光強度変調器へ出射する波長多重素子と、

前記光強度変調器の第1及び第2のアームに入力される第1及び第2の制御信号に応じて該光強度変調器から光の強度が変調されて出射された波長多重光から前記第3の光を分離する波長分離素子と、

該波長分離素子により分離された該第3の光を前記第2の光と混合する混合手段と、

該混合手段により混合された光を光電変換する光検出器と、

前記正弦波電気信号と該光検出器の出力電気信号とデータ信号とに基づいて、該光検出器の出力電気信号中の前記第2及び第3の光の波長差に相当する周波数の近傍の所定の奇数次側帯波周波数信号のレベルが最小となるように前記第1及び第2の制御信号の振幅比を可変して前記第1及び第2のアームへ出力する制御信号発生手段とを含むことを特徴とする光強度変調器の制御方法。

【請求項9】 前記第3の発光手段に代えて、前記波長

多重素子へ前記第1及び第2の光とそれぞれ波長の異なる光を入射して前記第1の光と多重させる光源と、前記波長分離素子により分離された該光源からの光の位相を前記正弦波電気信号で変調して前記第3の光として前記混合手段へ出射する光位相変調器とを設けたことを特徴とする請求項8記載の光強度変調器の制御方法。

【請求項10】 前記光検出器の出力電気信号中の前記第2の光と前記光強度変調器から取り出されて前記混合手段に入射される光との波長差に相当する周波数成分が最大となるように、前記第2の光の偏光面を制御して前記混合手段へ出射させる偏光制御器を有することを特徴とする請求項6乃至9のうちいずれか一項記載の光強度変調器の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は光強度変調器の特性測定方法及び制御方法に係り、特に光ファイバ通信等で用いられるマッハツェンダ型光強度変調器の特性を測定する方法及びマッハツェンダ型光強度変調器による光強度変調の際に生じる位相変調分を制御する方法に関する

$$\alpha = 2I \frac{d\phi}{dI} = \frac{1-r}{1+r}$$

ただし、上式中、 dI は光の強度変化量、 $d\phi$ は光の位相変化量、 r は2つの導波路（アーム）に印加する信号電界の比を示す。 α の大きさは、 r によって自由に設定することが可能である。

【0005】 光ファイバ伝送システムにおいて、送出光に伝送路分散に応じた適当なチャージングが生じていると、光パルスが圧縮されて長距離にわたりパルス形状が崩れなくなる。この結果、長距離にわたるデータ伝送が可能になる。特に、1.3 μm 帯零分散ファイバ（ノーマルファイバ）を用いて波長1.5 μm 帯信号光の長距離伝送を行う場合などに、チャージングは有効である。これを生かして、マッハツェンダ型光強度変調器を用いた長距離伝送システムの設計が進められており、正確な α パラメータの把握が重要な課題となっている。

【0006】 ところで、光強度変調器内での電界分布は極めて複雑で、2つの電極への印加電圧の比がそのまま2つの導波路への印加電界比 r にはならない。このため、計算から正確な α パラメータを得ることは難しい。従って、測定によって α パラメータを正確に把握することが重要になる。

【0007】 α パラメータを測定するための従来の方法

$$f_u^2 L = \frac{c}{2D\lambda^2} \left\{ 1 + 2u - \frac{2}{\pi} \arctan(\alpha) \right\}$$

ただし、上式中、 c は光速を示す、測定で得られた u に対する f_u の値をプロットした直線の傾きから D が求められ、また $u=0$ の外挿点から α が求められる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】 しかるに、上記の従来

る。

【0002】

【従来の技術】 従来より、高速光ファイバディジタル通信システムの送信器において光の強度を変調するために、マッハツェンダ型光強度変調器が用いられる。このマッハツェンダ型光強度変調器は、一端から入射した光を導入し、途中でその入射光を2つに分岐した後再度一つに合波して他端から出射する導波路が電気光学結晶基板上に形成されるとともに、分岐した2つの導波路のそれぞれに対して信号電極を設けた構成であり、これらの2つの信号電極に信号電圧を印加することで、導波路の他端から光強度が変調された光信号を得る。

✓【0003】 かかるマッハツェンダ型光強度変調器では、上記の2つの導波路に印加する電圧の振幅比によっては、光の強度だけでなく位相も変調される。これをチャージングと呼ぶ。チャージングの大きさは、次式に示す α パラメータで表される。

【0004】

【数1】

(1)

としては、例えばジャーナル・オブ・ライトウェーブ・テクノロジー第11巻第12号1937頁（Journal of Lightwave Technology, Vol. 11, No. 12, pp. 1937）に記載されている方法がある。この従来の測定方法について図13と共に説明する。

【0008】 同図において、被測定マッハツェンダ型光強度変調器（IM）5は、ネットワークアナライザ106からの周波数スイープ信号で光源1から入力される光の強度を変調して出力する。この光強度変調器5から出射された被変調光（信号光）は、分散のある光ファイバ107を通した後、光検出器8で光電変換される。この光検出器8の出力検出信号はネットワークアナライザ106に供給されて各周波数での応答が観測される。

【0009】 ネットワークアナライザ106には、図13に示すように周期的に強度が零となる周波数 f_u が複数観測され、測定で得られる u （ u は低周波数から数えたときの順番で自然数）及びこの u のときの強度が零である周波数 f_u と、光ファイバ107の長さ L 、全分散量 D 、光源波長 λ と α の間には、次の関係が成り立つ。

【0010】

【数2】

(2)

の測定方法では、測定精度を高めるために多数の周波数 f_u を観測するには、ネットワークアナライザ106と光検出器8にそれぞれ広帯域の周波数特性を持たせる必要がある。また、波長分散のある伝送路が必要であり、その伝送路の損失が高い場合は更に光アンプ等が必要で

ある。このようにこの従来の測定方法では、ネットワークアナライザ106及び光変調器8にそれぞれ広帯域周波数特性の高価なものが必要で、しかも波長分散のある伝送路や光アンプが必要であるため、測定装置全体が非常に高価で大掛かりであるという問題がある。

【0012】また、この従来の測定方法において α パラメータを求めるために用いる前記(2)式では、伝送される光の位相が波長分散だけによって変化すると仮定している。しかし、光ファイバ107中では非線形光学効果によっても位相が変化する可能性がある。ところが、この非線形光学効果による位相変化の影響を正確に評価することは難しいため、従来の測定方法では高精度の測定は困難である。

【0013】更に、マッハツェンダ型光強度変調器は、その材質の経時変化によって光強度変調器内での印加電界分布が変化する可能性がある。このため、外部からの印加電圧を一定に保っていても α パラメータの値が初期値からずれ、所望のチャージングが得られなくなる。従って、従来の測定方法により得られた測定値では、長期間運用を行う高速光ファイバデジタル通信システムでの送出光のチャージングの制御は困難である。

【0014】本発明は以上の点に鑑みなされたもので、簡単で安価な構成により高精度に光強度変調器のパラメータを測定し得る光強度変調器の特性測定方法を提供することを目的とする。

【0015】また、本発明の他の目的は、変調後の信号波形や伝送特性に影響を殆ど与えることなく、光強度変調器の特性を制御し得る光強度変調器の制御方法を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の特性測定方法は上記の目的を達成するため、少なくとも被測定光強度変調器を有し、制御信号で位相が変調され、かつ、一定周波数の正弦波電気信号が印加される被測定光強度変調器により光強度が変調された第1の光を発光する第1の発光手段と、第1の光とは波長の異なる第2の光を出射する第2の発光手段と、第1の光と第2の光とをそれぞれ混合する混合手段と、混合手段により混合された光を光電変換する光検出器と、正弦波電気信号と光検出器の出力電気信号とに基づいて、光検出器の出力電気信号中の第1及び第2の光の波長差に相当する周波数の近傍の所定の奇数次側帯波周波数信号のレベルが最小となるようにレベルを可変した信号を発生して制御信号として出力する制御信号発生手段とを含み、正弦波電気信号及び制御信号に基づいて被測定光強度変調器の特性を測定する構成としたものである。

【0017】ここで、光検出器の出力電気信号中の第1及び第2の光の波長差に相当する周波数成分が最大となるように、第2の光の偏光面を制御して混合手段へ出射させる偏光制御器を有することが、測定精度向上にとつ

て望ましい。

【0018】また、本発明の制御方法は上記の目的を達成するため、一定周波数の正弦波電気信号で位相が変調された第1の光を発生して光強度変調器へ出射する第1の発光手段と、第1の光とは波長の異なる第2の光を出射する第2の発光手段と、光強度変調器の第1及び第2のアームに入力される第1及び第2の制御信号に応じて光強度変調器から光の強度が変調されて出射された第1の光を第2の光と混合する混合手段と、混合手段により混合された光を光電変換する光検出器と、正弦波電気信号と光検出器の出力電気信号とデータ信号とに基づいて、光検出器の出力電気信号中の第1及び第2の光の波長差に相当する周波数の近傍の所定の奇数次側帯波周波数信号のレベルが最小となるように第1及び第2の制御信号の振幅比を可変して第1及び第2のアームへ出力する制御信号発生手段とを含む構成としたものである。

【0019】また、本発明制御方法は前記第1の発光手段を無変調の第1の光を発光する手段とすると共に、前記第1及び第2の光とそれぞれ波長の異なる第3の光を発光する第3の発光手段を設け、更に第3の光と第1の光を波長多重して光強度変調器へ入射する波長多重素子と、光強度変調器からの光から第3の光を分離して混合手段へ出射して第2の光と混合させる波長分離素子とを設けたものである。

【0020】また、本発明制御方法では、光検出器の出力電気信号中の第2の光と光強度変調器から取り出されて混合手段に入射される光との波長差に相当する周波数成分が最大となるように、第2の光の偏光面を制御して混合手段へ出射させる偏光制御器を有することが、制御精度向上にとって望ましい。

【0021】

【作用】まず、本発明の光強度変調器の特性測定方法について図1と共に説明する。本発明測定方法は、図1に示すように、第1の発光手段1、第2の発光手段2、混合手段3、光検出器4及び制御信号発生手段5から構成されており、第1の発光手段1内の被測定光強度変調器8の特性を測定するものである。ここでは、第1の発光手段1は例えば光源6、光位相変調器7及び被測定光強度変調器8からなる構成としているが、これ以外の構成も後述するように可能である。

【0022】光源6からの光(振幅 E_0 、周波数 f 、位相 ϕ)は光位相変調器7に入射され、制御信号発生手段5よりの制御信号に応じてその位相が変調されて出射される。ここで、制御信号発生手段5は光検出器からの光検出電気信号中の所定の側帯波周波数信号と信号源9からの一定周波数 f_m の正弦波電気信号とに基づいて周波数 f_m の制御信号を生成する。これにより、光位相変調器7の出力光の電界 E は次式で表される。

【0023】

【数3】

$$E = E_0 \cos \left(2\pi f t + \pi \frac{V_{pp}(P)}{2V_\pi(P)} \cos 2\pi f_m t + \phi \right) \quad (3)$$

ただし、(3) 式中、 $V_{pp}(P)$ は光位相変調器 7 にかかる正弦波電気信号の振幅（ピーク・トゥ・ピーク値）、 $V_\pi(P)$ は光位相変調器 7 の半波長電圧である。

【0024】この光位相変調器 7 より出射された光はマッハツェンダ型の被測定光強度変調器 8 に入射されて信

号源 9 よりの正弦波電気信号により光強度が変調される。これにより、被測定光強度変調器 8 より得られる第 1 の光の電界 E_{out} は次式で表される。

【0025】

【数 4】

$$\begin{aligned} E_{out} = & \frac{1}{2} E_0 \cos \left(2\pi f t + \pi \frac{V_{pp}(P)}{2V_\pi(P)} \cos 2\pi f_m t + \text{sign} \frac{1-r}{1+r} \pi \frac{V_{pp}(I)}{2V_\pi(I)} \cos 2\pi f_m t + \phi \right) \\ & + \frac{1}{2} E_0 \cos \left(2\pi f t + \pi \frac{V_{pp}(P)}{2V_\pi(P)} \cos 2\pi f_m t - \text{sign} \frac{r}{1+r} \pi \frac{V_{pp}(I)}{2V_\pi(I)} \cos 2\pi f_m t + \phi \right) \\ = & E_0 \cos \left(\pi \frac{V_{pp}(I)}{4V_\pi(I)} \cos 2\pi f_m t \right) \times \\ & \cos \left(2\pi f t + \pi \frac{V_{pp}(P)}{2V_\pi(P)} \cos 2\pi f_m t + \text{sign} \frac{1-r}{1+r} \pi \frac{V_{pp}(I)}{4V_\pi(I)} \cos 2\pi f_m t + \phi \right) \end{aligned} \quad (4)$$

ただし、(4) 式中、 $V_{pp}(I)$ は光強度変調器 8 にかかる正弦波電気信号の振幅（ピーク・トゥ・ピーク値）、 $V_\pi(I)$ は光強度変調器 8 の半波長電圧である。また、 r は光強度変調器 8 の 2 つに分岐されている導波路（アーム）のうちの一方に対する他方にかかる電界強度の比である。更に、 sign は 2 つの変調器 7 及び 8 に正弦波電気信号を加える際の位相関係を定める係数で、「1」若しくは「-1」をとる。

【0026】ここで、次式

【0027】

$$\begin{aligned} E_{out} = & E_0 \cos \left(\pi \frac{V_{pp}(I)}{4V_\pi(I)} \cos 2\pi f_m t \right) \cos(2\pi f t + \phi) \\ = & E_0 \cos(2\pi f t + \phi) \sum_{n=0}^{\infty} \varepsilon_n (-1)^n \cos(4n\pi f_m t) J_n \left(\pi \frac{V_{pp}(I)}{4V_\pi(I)} \right) \end{aligned} \quad (5)$$

(5) 式で示される第 1 の光を、混合手段 3 で第 1 の光の波長と異なる波長の第 2 の発光手段 2 より第 2 の光と混合した後、光検出器 4 で光電変換し、得られたヘテロダイン検波電気信号のスペクトルをスペクトルアナライザ 10 で観測すると、第 1 の光と第 2 の光の波長差に相当する中間周波数 101 の回りに、変調周波数 f_m の偶数次の側帯波だけが現われる。

【0029】一方、位相変調成分がキャンセルされていない(4) 式で示される第 1 の光を上記と同様にして第 2 の光と混合した後、光検出器 4 を通してスペクトルアナライザ 10 で観測すると、位相変調成分に起因する奇

【数 5】

$$\frac{V_{pp}(P)}{2V_\pi(P)} + \text{sign} \left(\frac{1-r}{1+r} \right) \frac{V_{pp}(I)}{4V_\pi(I)} = 0$$

を満足するように、 $V_{pp}(P)$ と $V_{pp}(I)$ とが与えられ、次式に示すように(4) 式中の位相変調成分がキャンセルされる。

30 【0028】

【数 6】

数次の側帯波も観測される。そこで、本発明測定方法では光検出器 4 の出力電気信号中の奇数次側帯波のうち所定の側帯波（通常は最もレベルが高い第 1 次側帯波 102）の強度を零とするように光位相変調器 7 に供給される制御信号の前記 $V_{pp}(P)$ を制御する。そして、このときの制御信号発生手段 5 から得られる $V_{pp}(P)$ と正弦波電気信号の $V_{pp}(I)$ とから、次式を用いて光強度変調器 8 の α パラメータが求められる。

【0030】

【数 7】

$$\alpha = \frac{1-r}{1+r} = \text{sign} \cdot \frac{V_{pp}(P)}{V_{pp}(I)} \cdot \frac{2V_s(I)}{V_s(P)}$$

(6)

✓ 次に、本発明の光強度変調器の制御方法の作用について図2と共に説明する。本発明制御方法は、図2に示すように、第1の発光手段11、第2の発光手段12、混合手段13、光検出器14及び制御信号発生手段15から構成されており、マッハツェンダ型光強度変調器の特性(α パラメータ)を一定に制御するものである。ここでは、第1の発光手段11は例えば光源21及び光位相変調器22から構成され、また、制御信号発生手段15は加算器23及び制御器24からなる構成としているが、これ以外の構成も後述するように可能である。

【0031】また、第3の光を発光する第3の発光手段と、第3の光と第1の光を波長多重して光強度変調器へ入射する波長多重素子と、光強度変調器からの光から第3の光を分離して混合手段へ出射して第2の光と混合させる波長分離素子とを設けことも可能である。

【0032】光源21からの光(振幅 E_0 、周波数 f 、位相 ϕ)は光位相変調器22に入射され、信号源18よりの周波数 f_m で振幅 $V_{pp}(I)$ の正弦波電気信号によりその位相が変調されて(3)式に示した電界 E の光とされて出射される。この光位相変調器22の出力光は光

$$\left. \begin{aligned} V1 &= V_s(I) - \frac{1}{1+r} (V_s(I) \cdot x(t) + V_{pp}(I) \cos 2\pi f_m t) \\ V2 &= \frac{r}{1+r} (V_s(I) \cdot x(t) + V_{pp}(I) \cos 2\pi f_m t) \\ V_{pp}(I) &= \text{sign} \cdot \frac{2V_s(I)}{V_s(P)} \cdot \frac{V_{pp}(P)}{\alpha} \end{aligned} \right\} (7)$$

ただし、(7)式中、 $x(t)$ はデータ信号の波形を表す規格化関数で、0~1の値をとる。また、 α には所望の値を代入する。この制御信号 $V1$ 及び $V2$ で変調された光強度変調器16の出力光の電界 E_{out} は次式で表さ

$$\begin{aligned} E_{out} &= E_0 \cos \left\{ \frac{\pi}{2} (1-x(t)) + \frac{\pi}{4} \frac{V_{pp}(I)}{V_s(I)} \cos 2\pi f_m t \right\} \times \\ &\cos \left\{ 2\pi f t + \frac{\pi}{2} \left(1 + \frac{r-1}{1+r} x(t) \right) + \left\{ \frac{V_{pp}(P)}{2V_s(P)} + \text{sign} \frac{1-rV_{pp}(I)}{1+r4V_s(I)} \right\} \pi \cos 2\pi f_m t + \phi \right\} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\text{ここで、} \frac{V_{pp}(P)}{2V_s(P)} + \text{sign} \frac{1-rV_{pp}(I)}{1+r4V_s(I)} = 0$$

となるように、 r を調整すると、(8)式の位相変調成分中の f_m 成分がキャンセルされて、次のようになる。

強度変調器16に入射されて制御信号発生手段15よりの制御信号に応じて光強度が変調される。

【0033】ここで、上記の光強度変調器16はマッハツェンダ型の光強度変調器であり、前記したように、一端から入射した光を導入し、途中でその入射光を2つに分岐した後再度一つに合波して他端から出射する導波路が電気光学結晶基板上に形成された構成であり、図2に16a及び16bで示す部分は上記の2つに分岐された導波路部分(アーム)を示す。

【0034】上記の制御信号は信号源18及び19よりの正弦波電気信号及びデータ信号を加算器23で加算して得られた信号と光検出器14の出力信号とが入力される制御器24により生成された第1及び第2の信号である。その制御信号のうち、光強度変調器16の第1のアーム16aに印加される制御信号電圧を $V1$ 、第2のアーム16bに印加される制御信号電圧を $V2$ とすると、これは次式のように設定される。

【0035】

【数8】

れる。

【0036】

【数9】

【0037】

【数10】

$$E_{out} = E_0 \cos \left\{ \frac{\pi}{2} (1-x(t)) + \frac{\pi}{4} \frac{V_m(I)}{V_r(I)} \cos 2\pi f_m t \right\} \times$$

$$\cos \left[2\pi f t + \frac{\pi}{2} \left\{ 1 + \frac{r-1}{1+r} x(t) \right\} + \phi \right] \quad (9)$$

(9) 式で表される第1の光は、光分岐素子17に2分岐され、一方は混合手段13で第1の光の波長と異なる波長の第2の発光手段12よりの第2の光と混合された後、光検出器14で光電変換されてヘテロダイン検波電気信号とされる。この電気信号のスペクトルをスペクトルアナライザ20で観測すると、第1の光と第2の光の波長差に相当する中間周波数201の回りに、変調周波数 f_m の偶数次の側帯波だけが現われる。

【0038】一方、位相変調成分がキャンセルされていない(8)式で示される第1の光を上記と同様にして混合手段13で第2の光と混合した後、光検出器14を通してスペクトルアナライザ20で観測すると、位相変調成分に起因する奇数次の側帯波も観測される。そこで、本発明制御方法では光検出器14の出力電気信号中の奇数次側帯波のうち所定の側帯波(通常は最もレベルが高い第1次側帯波202)の強度を零とするように制御信号V1及びV2の振幅比である r を制御器24で調整することにより、 α パラメータを一定に保つように制御する。

【0039】

【実施例】次に、本発明の実施例について図面と共に説明する。図3は本発明になる光強度変調器の第1実施例の構成図を示す。同図に示すように、本実施例は第1の光源31、光位相変調器32、周波数 f_m の正弦波電気信号を出力する信号源33、制御器34、マッハツェンダ型光強度変調器35、第2の光源36、偏光制御器37、光カプラ38、光検出器39、通過中心周波数 f_0 の帯域フィルタ40及び通過中心周波数 $(f_0 + f_m)$ の帯域フィルタ41とよりなり、第1の光源31、光位相変調器32及びマッハツェンダ型光強度変調器35は前記第1の発光手段1を構成し、第2の光源36は前記第2の発光手段2を構成し、光カプラ38は前記混合手段3を構成している。

【0040】次に、本実施例の動作について説明する。光強度変調器35に信号源33より供給される正弦波電気信号が図4に104で示す場合、同図に点103で示す点にバイアスされる。これにより、光強度変調器35からは図4に105で示す如くに光強度変調された光が出力されて光カプラ38に入射され、ここで第2の光源36から偏光制御器37を通して偏光面が第1の光と合わせられて入射された第2の光と混合される。

【0041】光カプラ38で混合された第1及び第2の光は、光検出器39により受光されて光電変換される

(ヘテロダイン検波される)。この光検出器39より取

り出される電気信号は第1及び第2の光の波長差に相当する周波数 f_0 (以下、中間周波数という)と、中間周波数 f_0 の両側に周波数間隔 f_m で現れる側帯波とからなる干渉信号である。

【0042】この干渉信号は帯域フィルタ40及び41にそれぞれ供給され、このうち中間周波数 f_0 は、帯域フィルタ40により周波数選択されて(濾波されて)偏光制御器37に供給される。また、干渉信号中の側帯波のうち最もレベルの高い第1次側帯波($f_0 + f_m$ 又は $f_0 - f_m$)の一方が帯域フィルタ41により周波数選択される。ここでは一例として、帯域フィルタ41により周波数 $(f_0 + f_m)$ が周波数選択されて制御器34に供給される。

【0043】偏光制御器37は第2の光源36から出射された第2の光の偏光面を前記中間周波数 f_0 の信号レベルが最大となるように制御して光カプラ38へ出射する。これにより、帯域フィルタ41で周波数選択する第1次側帯波周波数成分 $(f_0 + f_m)$ のレベルも最大となるように制御されることとなり、測定精度が向上する。

【0044】また、制御器34は帯域フィルタ41で周波数選択されて入力された第1次側帯波周波数成分 $(f_0 + f_m)$ のレベルが零となるように、光位相変調器32に供給する正弦波電気信号の振幅 $V_{pp}(P)$ を調整する。そして、この制御器34より出力される制御信号から正弦波電気信号の振幅 $V_{pp}(P)$ と、光強度変調器35へ供給される正弦波電気信号の振幅 $V_{pp}(I)$ から前記(6)式に基づいて図示しない計算機により光強度変調器35の特性である α パラメータを測定する。

【0045】本実施例は測定精度を高めるためには、中間周波数を最大とすればよく、測定に用いる正弦波電気信号の周波数は低くてよく、また、ヘテロダイン検出の中間周波数も光検出器の帯域に合わせて設定できるため、簡単で安価な構成で光強度変調器35の特性を測定することができる。

【0046】図5は本発明になる光強度変調器の測定方法の第2実施例の構成図を示す。同図中、図3と同一構成部分には同一符号を付し、その説明を省略する。図5に示すように、本実施例は光強度変調器44と光位相変調器45とを入れ換えて、第1の光源31からの光を光強度変調器44に入射し、ここで光強度変調された光を光位相変調器45に入射して制御器34よりの制御信号で位相変調させるようにしたものである。

【0047】本実施例も後段の光位相変調器45より取

り出される光の電界は、前記(4)式と同一となるため、第1実施例と同様の動作を行う。これにより、本実施例は第1実施例と同様に簡単に安価な構成で光強度変調器35の特性を測定することができる。

【0048】図6は本発明になる光強度変調器の測定方法の第3実施例の構成図を示す。同図中、図3と同一構成部分には同一符号を付し、その説明を省略する。図6に示すように、本実施例は光源49を発光させるための直流電源47からの駆動電圧に、制御器34からの制御信号を加算器48で加算し、その加算電圧で光源49を発光させるようにしたものである。

【0049】これにより、光源49からは前記光位相変調器32で位相変調された光と同様の光を得ることができるため、本実施例では光位相変調器を設けることなく、図3及び図5と同様の測定を高精度に行うことができる。

【0050】次に、本発明になる光強度変調器の制御方法の実施例について説明する。図7は本発明制御方法の第1実施例の構成図を示す。本実施例は、図7に示すように、第1の光源51、光位相変調器52、周波数 f_m の正弦波電気信号を発生する信号源53、マッハツェンダ型光強度変調器54、光分岐素子55、光カプラ56、第1の光源51の出射光の波長と異なる波長の第2の光を出射する第2の光源57、偏光制御器58、光検出器59、通過中心周波数 f_0 の帯域フィルタ60、通過中心周波数 $(f_0 + f_m)$ の帯域フィルタ61、データ信号を発生する信号源62、加算器63及び制御器64より構成されている。

【0051】第1の光源51と光位相変調器52は前記第1の発光手段11を構成しており、光カプラ56は前記混合手段13を構成し、また、加算器63及び制御器64は前記制御信号発生手段15を構成している。本実施例は、マッハツェンダ型光強度変調器54の2つの分岐導波路(アーム)54a及び54bに印加する制御信号電圧 V_1 及び V_2 の振幅比を調整することにより、マッハツェンダ型光強度変調器54の α パラメータを一定に保つものである。

【0052】本実施例の動作について説明するに、光源51から出射された光は、光位相変調器52において信号源53からの正弦波電気信号で位相変調された後、光強度変調器54において制御器64からの制御電圧で光強度変調される。制御器64は信号源53からの前記

(8)式で与えられる振幅 $V_{pp}(I)$ を持つ正弦波電気信号と信号源62からのデータ信号とを加算器63で加算した信号が供給され、この加算信号を振幅比が1: r の比になるように分岐して光強度変調器54の2つのアーム54a及び54bに印加する。また、制御器64は後述する帯域フィルタ61の出力信号に基づいて上記の加算信号の振幅比を調整する。

【0053】光強度変調器54で光強度変調されて取り

出された第1の光は、光分岐素子55により2分岐されて一方が伝送のために送出され、他方が光カプラ56に入射されて偏光制御器58により偏光面が揃えられた光源57よりの第2の光(局発光)と混合された後、光検出器59に入射されて光電変換される。光検出器59より出力される電気信号は光源51及び57よりの第1及び第2の光の波長差に相当する中間周波数 f_0 と、その両側に周波数間隔 f_m で現れる側帯波とからなる干渉信号である。

10 【0054】この干渉信号は帯域フィルタ60及び61にそれぞれ供給され、このうち中間周波数 f_0 は、帯域フィルタ60により周波数選択されて(濾波されて)偏光制御器58に供給される。また、干渉信号中の側帯波のうち最もレベルの高い第1次側帯波($f_0 + f_m$ 又は $f_0 - f_m$)の一方が帯域フィルタ61により周波数選択される。ここでは一例として、帯域フィルタ61より周波数 $(f_0 + f_m)$ が周波数選択されて制御器64に供給される。

20 【0055】偏光制御器58は第2の光源57から出射された第2の光の偏光面を前記中間周波数 f_0 の信号レベルが最大となるように制御して光カプラ56へ出射する。これにより、帯域フィルタ61で周波数選択する第1次側帯波周波数成分($f_0 + f_m$)のレベルも最大となるように制御されることとなり、制御精度が向上する。

30 【0056】また、制御器64は帯域フィルタ41で周波数選択されて入力された第1次側帯波周波数成分($f_0 + f_m$)のレベルが零となるように、マッハツェンダ型光強度変調器54の2つのアーム54a及び54bに印加する制御信号電圧 V_1 及び V_2 の振幅比 r を調整する。これにより、マッハツェンダ型光強度変調器54の出力光の電界が前記(9)式で表されるものとなり、マッハツェンダ型光強度変調器54の α パラメータが一定に制御される。

【0057】本実施例によれば、制御信号となる正弦波電気信号の振幅を制御可能な範囲で小さく抑えることにより、変調後の信号波形や伝送特性に殆ど影響を与えることなく、チャージング制御のためにマッハツェンダ型光強度変調器54の α パラメータを一定に制御できる。

40 【0058】図8は本発明制御方法の第2実施例の構成図を示す。同図中、図7と同一構成部分には同一符号を付してその説明を省略する。本実施例は、光位相変調器66を光分岐素子55の後において位相変調を行う構成としたもので、この場合も光位相変調器66より取り出される光の電界が(8)式で表されたものと同一となるので、図7と同様の制御を行うことができる。なお、本実施例では正弦波電気信号によって生じる位相変調成分はキャンセルされないまま送出されるが、光位相変調器66に起因する送出光への悪影響(過剰損失など)は防ぐことができる。

【0059】図9は本発明制御方法の第3実施例の構成図を示す。同図中、図7と同一構成部分には同一符号を付してその説明を省略する。本実施例は、図7及び図8では省略した第1の光源51を発光駆動するための直流電源68の出力直流電圧に、加算器69において信号源53よりの正弦波電気信号と加算重畳した電圧で第1の光源51を駆動する。これにより、本実施例によれば、光位相変調器を用いることなく、第1の光源51から正弦波電気信号で位相変調されたと等価な第1の光を得ることができる。

【0060】図10は本発明制御方法の第4実施例の構成図を示す。同図中、図7と同一構成部分には同一符号を付してその説明を省略する。本実施例は、第1及び第2の光源51及び57より出射される光の波長とそれぞれ異なる波長の光を出射する第3の光源70を使用する点に特徴があり、更に、これに伴い波長多重素子71及び波長分離素子72を設けたものである。

【0061】本実施例の動作につき説明するに、第3の光源30から出射された第3の光は、信号源53よりの正弦波電気信号により光位相変調器52で位相変調を受けた後、波長多重素子71に入射されて第1の光源51よりの第1の光と波長多重される。この波長多重された光は、光強度変調器54で制御器64よりの制御信号に応じて光強度が変調された後、波長分離素子72で第1の光と第3の光とがそれぞれ波長分離され、光強度変調のみを受けている第1の光は伝送され、光位相変調と光強度変調の両方を受けている第3の光は光カプラ56に入射されて偏光制御器58により偏光面が制御された第2の光源57よりの第2の光（局発光）と混合される。

【0062】光カプラ56からの混合光は光検出器59で受光されて電気信号に変換され、その電気信号中の第2の光と第3の光の波長差に相当する周波数成分（中間周波数）が、帯域フィルタ73によって濾波されてその大きさが最大となるように偏光制御器58の動作を制御する一方、上記電気信号中の中間周波数の両側に周波数 f_m 間隔で現われる側帯波のうち第1次側帯波の一方が、帯域フィルタによって濾波されて制御器64に入力され、その大きさを零とするように、制御器64より光強度変調器54へ出力される2つの制御電圧の振幅比 r を可変制御する。

【0063】本実施例は図7に示した第1実施例と同様の特長を有すると共に、それに加えて制御のために第1の光の一部を取り出す必要がないため、送出パワーの損失を小さく抑えることができる。

【0064】図11は本発明制御方法の第5実施例の構成図を示す。同図中、図10と同一構成部分には同一符号を付してその説明を省略する。本実施例は、図10の第4実施例における光位相変調器を、75で示すように波長分離素子72の後において位相変調を行う構成としたもので、この場合も光位相変調器75より取り出され

る光の電界が（8）式で表されたものと同一となるので、図10と同様の制御を行うことができる。

【0065】図12は本発明制御方法の第6実施例の構成図を示す。同図中、図10と同一構成部分には同一符号を付してその説明を省略する。本実施例は、図10及び図11では省略した第3の光源70を発光駆動するための直流電源77の出力直流電圧に、加算器78において信号源53よりの正弦波電気信号と加算重畳した電圧で第3の光源70を駆動する。これにより、本実施例によれば、光位相変調器を用いることなく、第3の光源70から正弦波電気信号で位相変調されたと等価な第3の光を得ることができる。従って、本実施例も第4及び第5実施例と同様の特長を有する。

【0066】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の特性測定方法によれば、光検出器の出力電気信号中の2つの光源からの光の波長差に相当する中間周波数の近傍に、位相変調成分がキャンセルされていないときに現われる奇数次側帯波のうち所定の側帯波の強度を零とするように光位相変調器に供給される制御信号（正弦波電気信号）の振幅を制御することで、そのときの正弦波電気信号の振幅などから光強度変調器の特性を測定するようにしたため、測定に用いる正弦波電気信号の周波数は低くてよく、また、ヘテロダイン検波の中間周波数も光検出器の帯域に合わせて設定できるため、簡単な構成で安価なシステム構成で光強度変調器の特性を測定できる。また、本発明方法によれば、モニターする側帯波の強度を零にする制御により測定が行えるので、精度の高い測定ができ、更に中心周波数を最大にする制御により、より一層測定精度を向上できる。

【0067】また、本発明の光強度変調器の制御方法によれば、制御信号となる正弦波電気信号の振幅を制御可能な範囲で小さく抑えることにより、変調後の信号波形や伝送特性に殆ど影響を与えずに、光強度変調器の特性の制御が高精度にでき、また、材質等の経時変化が生じて常時フィードバック制御を行っているので、長期間運用を行うような光ファイバ通信に用いられるマッハツェンダ型光強度変調器に適用しても常に最適なチャージングの制御ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明になる光強度変調器の特性測定方法の概念を説明する図である。

【図2】本発明になる光強度変調器の制御方法の概念を説明する図である。

【図3】本発明特性測定方法の第1実施例の構成図である。

【図4】光強度変調器の動作点と入力電気信号に対する出力光波形の関係を表す図である。

【図5】本発明特性測定方法の第2実施例の構成図である。

【図6】本発明特性測定方法の第3実施例の構成図である。

【図7】本発明制御方法の第1実施例の構成図である。

【図8】本発明制御方法の第2実施例の構成図である。

【図9】本発明制御方法の第3実施例の構成図である。

【図10】本発明制御方法の第4実施例の構成図である。

【図11】本発明制御方法の第5実施例の構成図である。

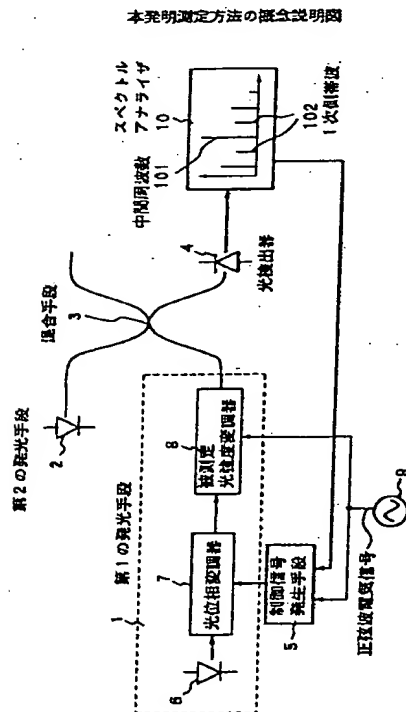
【図12】本発明制御方法の第6実施例の構成図である。

【図13】従来の光強度変調器の α パラメータの測定方法の基本構成図である。

【符号の説明】

- 1、11 第1の発光手段
- 2、12 第2の発光手段
- 3、13 混合手段
- 4、14、39、59 光検出器
- 5、15 制御信号発生手段

【図1】



6、21 光源

7、22、32、45、52、66、75 光位相変調器

8、35、44 被測定マッハツェンダ型光強度変調器

9、18、33、53 正弦波電気信号用信号源

16、54 マッハツェンダ型光強度変調器

17、55 光分岐素子

19、62 データ信号源

24、34、64 制御器

31、49、51 第1の光源

36、57 第2の光源

37、58 偏光制御器

38、56 光カプラ

40、60、73 中心周波数濾波用帯域フィルタ

41、61、74 側帯波濾波用帯域フィルタ

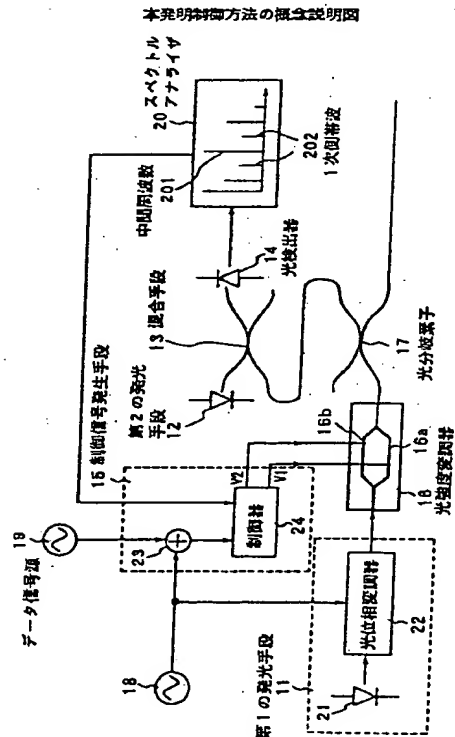
47、68、77 光源駆動用直流電源

70 第3の光源

71 波長多重素子

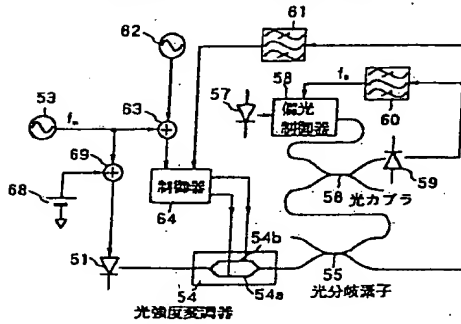
72 波長分離素子

√【図2】



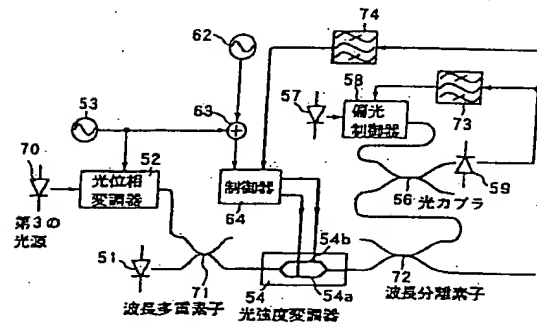
【図 9】

本発明制御方法の第3実施例の構成図



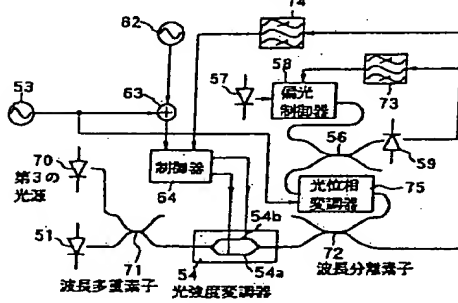
【図 10】

本発明制御方法の第4実施例の構成図



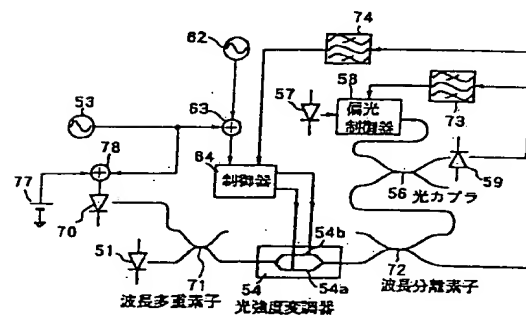
【図 11】

本発明制御方法の第5実施例の構成図



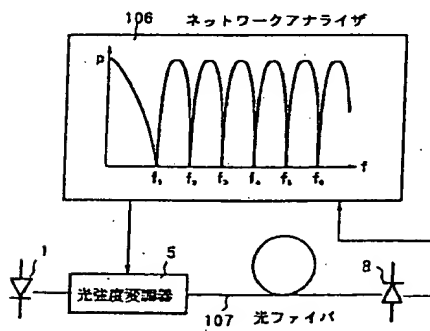
【図 12】

本発明の第6実施例の構成図



【図 13】

従来のαパラメータの測定方法の基本構成説明図



(13)

特開平 8 - 2 7 8 2 2 4

フロントページの続き

(51)Int. Cl. ⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H O 4 B 10/152

H O 4 B 9/00

L

10/142

10/04

10/06

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.